コンビニにおける陳腐化商品の在庫管理
—値引き販売のメリットとデメリット—

2006MI065 加藤友章
指導教員：澤木勝茂

1　はじめに

現在コンビニでは，値引販売の規制を理由に裁判が起こるケースもあり，社会問題の一つとなっている．本論文ではフランチャイズ契約加盟店の店舗の支店長を対象に，支店長の利益最大化の方法について考察していく．

本論文では利益率の高い弁当を対象に在庫管理をおこない，弁当が品切れの場合は一部の客が非陳腐化商品であるカップラーメンを代替とすると考える． 通常販売時の需要分布は実際に収集した 30 日の売り上げの分布を元にする. 値引販売時の需要データは一様分布と仮定する.

2　記号の説明

本論文では以下の記号を用いる.

x_1	: 発注量
x_2	: 売れ残り $(x_1 - y_1)$
y_1	: 定価販売時の需要量
y_2	: 値引販売時の需要量
y_3	: モデル 4 の店舗 B 値引販売時の需要
A	: 弁当 1 個あたりの利益
a	: カップラーメン 1 個あたりの利益
p	: 弁当が品切れの場合，客がカップラーメンを購入する確率
s	: 弁当の仕入原価
t	: 品切れ損失
$1-r$	: 値引率
$1-r_j$	: 店舗 j の値引率 $(j = B, C)$
$1-u$	: ロイヤリティ率
q	: 定価販売時から値引販売時の需要に移る割合
$e_1(x_1, y_1)$	: モデル 1 の支店の利益
$e_i(x_1, y_1, y_2)$	: モデル i の支店の利益 $(i = 2, 3, 4)$
$E_i(x_1)$	: モデル i の支店の期待利得 $(i = 1, 2, 3, 4)$
$P(y_1)$	: 定価販売時の需要分布
$Q(y_2)$	: 値引販売時の需要分布
$R(y_3)$	: モデル 4 の店舗 B の値引販売時の需要分布

3　モデル 1:非値引モデル

値引販売を一切おこなわずに，一定期間内に売れなかった弁当は廃棄される場合についてのモデルである．廃棄される場合は，仕入原価がそのまま損失額となる．

3.1　計算式

支店長の利益は店舗の利益からロイヤリティを引いた値になる．ロイヤリティは粗利益に対して $(1-u)$ を乗算した値 ([1] 参照) であるので，支店長の利益及び期待利得は

$$e_1(x_1, y_1) = \begin{cases} Ay_1u - s(x_1 - y_1) & x_1 \geq y_1 \\ Ax_1u + apu(y_1 - x_1) & \\ -t(1-p)(y_1 - x_1) & x_1 \leq y_1 \end{cases} \tag{1}$$

$$E_1(x_1) = \sum_{y=0}^{\infty} e_1(x_1, y_1)P(y_1) \tag{2}$$

であり，支店の期待利得 $E_1(x_1)$ を最大化する x_1 は

$$\begin{cases} E_i(x_1) - E_i(x_1 - 1) & \geq & 0 \\ E_i(x_1) - E_i(x_1 + 1) & \geq & 0 \end{cases} \tag{3}$$

を満たす x_1 である．これを計算することにより，支店長の期待利益 $E_1(x_1)$ を最大化する x_1 は以下のような値となる.

$$\begin{cases} \displaystyle\sum_{y_1=0}^{x_1-1} P(y_1) & \leq & \frac{Au-apu+t(1-p)}{s+Au-apu+t(1-p)} \\ \displaystyle\sum_{y_1=0}^{x_1} P(y_1) & \geq & \frac{Au-apu+t(1-p)}{s+Au-apu+t(1-p)} \end{cases} \tag{4}$$

3.2　計算と考察

実際の数値及び $p = 0.5, t = 855$ を代入し，計算すると最適発注量は 14 であり，期待利得は 943 という結果になる．これは品切れ損失が仕入れ原価の三倍としたことにより，品切れを起こさない事が売れ残る事より重要となるため，多めに発注した方が利益が高くなるという結果と考えられる.

4　モデル 2:値引をおこなった場合のモデル

本節では通常販売に加え，値引販売する事で利益の上昇を狙う．ここでは定価販売時の需要，割引販売時の需要を分けて考える．なお，カップラーメンは非陳腐化商品であるため，値引はおこなわないとする.

4.1　計算式

定価販売時の弁当の利益は A であり，値引販売時の利益は Ar となる．よって支店長の利益及び期待利得は

$$e_2(x_1, y_1, y_2) = \begin{cases} Ax_1u & \\ +(apu - t + tp)(y_1 - x_1) & x_1 \leq y_1 \\ Ay_1u + Aux_2r & \\ +(apu - t + tp)(y_2 - x_2) & x_1 \geq y_1, x_2 \leq y_2 \\ Ay_1u + Auy_2r - s(x_2 - y_2) & x_1 \geq y_1, x_2 \geq y_2 \end{cases} \tag{5}$$

$$E_2(x_1) = \sum_{y_1=0}^{\infty}\sum_{y_2=0}^{\infty} e_2(x_1, y_1, y_2)P(y_1)Q(y_2) \tag{6}$$

また，期待利得を最大化する最適発注量 x_1 は (3) を満たす x_1 であり，

$$\begin{cases} \displaystyle\sum_{y_1=0}^{x_1-1} P(y_1)\{\{Aur+s-apu+t(1-p)\} \sum_{y_2=0}^{x_2-1} Q(y_2) \\ +Au-aup+t(1-p)\} \geq Au-aup+t(1-p) \\ \displaystyle\sum_{y_1=0}^{x_1} P(y_1)\{\{Aur+s-apu+t(1-p)\} \sum_{y_2=0}^{x_2} Q(y_2) \\ +Au-aup+t(1-p)\} \leq Au-apu+t(1-p) \end{cases} \tag{7}$$

4.2 計算と考察

モデル 1 の場合と同様の数値を代入し，値引率 $r=0.4$ とし，値引販売時の需要を区間 [5,10] の一様分布と仮定した上で計算をすると最適発注量は 21 となり，期待利益は 1296 であった．当然ながら，値引販売によって新たな需要を生み出したほうが最適発注量も期待利益も高くなった．

5 モデル 3:恒常的値引販売モデル

本モデルではモデル 2 の値引販売が長期化し，モデル 2 の最適発注を続けたが，定価販売時の需要の一部が値引販売時の需要に移ったという仮定で期待利益を求める．また，モデル 1 の期待利益 $E_1(x_1)$ の場合と比較して，値引販売が利益を上げるかについても検証する．

5.1 利益と期待利得

モデル 2 に加え，弁当が一個売れた場合の利益 A の一部が Ar になり，定価販売時の需要の利益と，値引販売時に移った需要の利益の合計は $A(1-q)+Arq$ となる．よって，モデル 3 での支店長の利益及び期待利得 は

$$e_3(x_1,y_1,y_2) = \begin{cases} Au(1-q+rq)x_1 \\ +(aup-t+tp)(y_1-x_1) & x_1 \leq y_1 \\ Au(1-q+rq)y_1+Arux_2 \\ +(aup-t+tp)(y_2-x_2) & x_1 \geq y_1, x_2 \leq y_2 \\ Au(1-q+rq)y_1 \\ +Aruy_2-s(x_2-y_2) & x_1 \geq y_1, x_2 \geq y_2 \end{cases} \tag{8}$$

$$E_3(x_1) = \sum_{y_1=0}^{\infty} \sum_{y_2=0}^{\infty} e_3(x_1,y_1,y_2)P(y_1)Q(y_2) \tag{9}$$

となる．

5.2 計算と考察

モデル 2 と同じデータを用いて，q の値を 0.5 として計算をすると，最適発注量は 21 となり，最大期待利得は 997 という結果となる．よって，値引販売をすればある程度需要が値引時に移っても期待利得は高くなると考えられる．

6 モデル 4:二店舗間の値引競争モデル

このモデルでは二店舗 B, C での値引競争をおこなった場合の店舗 B の利益のモデルである．値引販売時の需要はライバル店舗との値引の割合によって変化するものと考える．

6.1 利益と期待利得

利益および期待利得は

$$R(y_3) = \sum_{y_2=y_3}^{\infty} \binom{y_2}{y_3} \frac{(1-r_B)^{y_3}(1-r_C)^{y_2-y_3}}{\{(1-r_B)+(1-r_C)\}^{y_2}} Q(y_2)$$

$$e_4(x_1,y_1,y_3) = \begin{cases} Au(1-q+r_jq)y_1 \\ +Ar_juy_3-s(x_2-y_3) & x_1 \geq y_1, x_2 \geq y_3 \\ Au(1-q+r_jq)y_1+Ar_jux_2 \\ +(aup-t+tp)(y_3-x_2) & x_1 \geq y_1, x_2 \leq y_3 \\ Au(1-q+r_jq)x_1 \\ +(aup-t+tp)(y_1-x_1) & x_1 \leq y_1 \end{cases} \tag{10}$$

$$E_4(x_1) = \sum_{y_3=0}^{\infty} \sum_{y_1=0}^{\infty} e_4(x_1,y_1,y_3)P(y_1)R(y_3) \tag{11}$$

によって求める事が出来る．また期待利得を最大化する最適発注量 x_1 を (3) より求めると

$$\begin{cases} \displaystyle\sum_{y_1=0}^{x_1-1} P(y_1)\{\{Aur_i-aup+s+t(1-p)\} \\ \displaystyle\sum_{y_3=0}^{x_2-1} Q(y_3)\{Au(1-q+r_iq)-aup+t(1-p)\}\} \\ \leq Au(1-q+r_iq)-aup+t(1-p) \\ \displaystyle\sum_{y_1=0}^{x_1} P(y_1)\{\{Aur_i-aup+s+t(1-p)\} \\ \displaystyle\sum_{y_3=0}^{x_2} Q(y_3)\{Au(1-q+r_iq)-aup+t(1-p)\}\} \\ \geq Au(1-q+r_iq)-aup+t(1-p) \end{cases} \tag{12}$$

を満たす x_1 であることが分かる．

6.2 計算と考察

店舗 C の値引率が 0.4 として，店舗 B の最大期待利得を求めると下記のようになる．

表 1 モデル 4:計算結果

$1-r_B$	$1-r_C$	$E_4(x_1)$	$E_4(x_1)-E_1(x_1)$
0.2	0.4	1047	104
0.4	0.4	803	-140
0.6	0.4	624	-319

値引率が高くなるほど期待利得が減っており，ライバル店舗以上の値引は値引販売しない場合よりも利益が低くなる事から，おこなわれ難いと考えられ，過当な値引競争はおこなわれないと考えられる．

7 参考文献

[1] 安藤一平: コンビニ会計取扱説明書．本の泉社，東京，2006.

[2] 若松厚志: 焼き鳥 (陳腐化する商品) の在庫管理. 南山大学数理情報学部卒業論文．2006.

[3] 北原貞輔，児玉正憲: ＯＲによる在庫管理システム，九州大学出版，1982.

[4] 小和田正，澤木勝茂，加藤豊: ＯＲ入門，実教出版，1984.